Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 493-509

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۵۰۹-۴۹۳

تأثیر کودهای زیستی و نانواکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و مدل‌سازی برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو تحت سطوح تنش شوری

سیامک داداش زاده[۱]- رئوف سیدشریفی[۲*]- سلیم فرزانه[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی و نانواکسید آهن بر عملکرد، محتوای کلروفیل و برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو در شرایط شوری خاک، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد آزوسپریلیوم، میکوریز، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم)، محلول‌پاشی با نانواکسید آهن در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹گرم در لیتر) و شوری خاک در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار با کلرید سدیم) بودند. از یک مدل خطی دو تکه‌ای برای کمی کردن شاخص‌های مربوط به پر شدن دانه استفاده شد. در این بررسی محتوای کلروفیل کل، a,b و کاروتنوئید، مولفه‌های پرشدن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد جو بررسی شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بالاترین عملکرد (۲/۰۴ گرم در بوته)، سرعت پر شدن دانه (۰/۰۰۲۷۹ گرم در روز)، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به‌ترتیب ۳۶/۹۶ و ۲۶/۵۳ روز)، کلروفیل a (۱/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۶۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل کل (۲/۵۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کارتنوئید (۰/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در حالت کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و عدم اعمال شوری به‌دست آمد. در حالی‌که کمترین این صفات در شرایط اعمال شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد. اعمال شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار نسبت به حالت عدم اعمال شوری عملکرد دانه را به‌ترتیب ۵/۲۳، ۲۱/۹۳ و ۲۶/۱۴ درصد کاهش داد و کاربرد توأم کودهای زیستی و نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها در سطح شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار به‌ترتیب ۱۱/۷۹، ۱۲/۶۴ و ۱۵/۴۵ درصد از کاهش عملکرد را جبران کردند. از این رو به نظر می‌رسد کاربرد توام کودهای زیستی و نانواکسید آهن می‌تواند به‌عنوان تعدیل‌کننده‌های تنش در جو تحت شرایط شوری خاک پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی، مدل خطی، میکوریزا

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های مهم تهدیدکننده عملکرد گیاهان زراعی در مناطق وسیعی از جهان است. پایین بودن مقدار بارش و دمای بالا در مناطق خشک و نیمه‌خشک و بهره‌برداری زیاد از منابع آب قابل دسترس از مشکلات اساسی و رو به افزایش شوری آب و خاک در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Mouk and Ishii, 2008). از این رو امروزه یکی از شیوه‌های مناسب کشاورزی مدرن برای بهبود حاصلخیزی خاک، کاهش اثرات تنش و جبران میکروارگانیسم‌های از دست رفته به‌واسطه اثر تنش‌های محیطی، استفاده از کودهای زیستی (میکوریز و باکتری‌های محرک رشد گیاهی) (Cakmakci *et al.*, 2007) و عناصر ریز مغذی مانند آهن (Hadi *et al.*, 2016) است. باکتری‌های محرک رشد گیاهی به‌طور غیرمستقیم از طریق حلال‌سازی فسفات‌ها، تولید هورمون‌ها یا تثبیت نیتروژن و یا به‌صورت مستقیم از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، افزایش نمو ریشه، افزایش فعالیت آنزیمی و یا کمک به سایر میکروارگانیسم‌های مفید، موجب تحریک رشد گیاه می‌شوند (Seyed Sharifi and Namvar, 2016). حق بهاری و سید شریفی

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: raouf_ssharifi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.68224

(Haghbahary and Seyed Sharifi, 2013) گزارش دادند که با افزایش شوری عملکرد، طول دوره پر شدن دانه و حداکثر وزن دانه گندم[1] کاهش یافت و استفاده از باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش این صفات شد. پروازی شندی و همکاران (Parvazi Shandi *et al*., 2013) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش محتوای کلروفیل a، b و کل گندم شد. قارچ‌های میکوریز گرچه ترکیبات کربوهیدراتی مورد نیاز خود را از گیاه میزبان دریافت می‌کنند، ولی با کمک به افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه، تنظیم اسمزی گیاه تحت تنش شوری، بهبود تثبیت نیتروژن، افزایش فتوسنتز موجب بهبود تحمل گیاهان به تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی و شوری می‌شوند (Khalafalla and Abo-Ghalia, 2008). بررسی‌های گراور و همکاران (Grover *et al*., 2010) نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز می‌توانند با جذب بیشتر آب از خاک، به رشد بهتر گیاه به‌خصوص تحت شرایط تنش کمک کنند.

آهن از عناصر ضروری و کم‌مصرف در گیاهان بوده که در فتوسنتز، تنفس و تثبیت نیتروژن نقش دارد (Taiz and Zeiger, 2002) ولی کمبود آن یک مسئله غالب در نواحی خشک و نیمه‌خشک با خاک‌های قلیایی است (Fahad *et al*., 2014). در این نواحی محلول‌پاشی به‌شکل نانو ذرات در مقایسه با شکل متداول و مرسوم آن‌ها به دلیل اینکه عناصر غذایی به آرامی و با سرعتی مناسب در طول دوره رشد گیاه آزاد می‌شوند (Naderi and Abedi, 2012) به‌عنوان یک راه کار مفید و موثر برای اصلاح کمبود آهن توصیه شده است (Galavi *et al*., 2012). از فواید محلول‌پاشی، جذب مستقیم مواد غذایی توسط بافت‌های گیاهی با مصرف کم انرژی برای انتقال در درون گیاه و عدم وابستگی به‌فاکتورهای محیطی مانند رطوبت خاک است (Swider, 2000). غفاری و رزمجو (Ghafari and Razmjoo, 2013) اظهار داشتند که محلول‌پاشی نانواکسید آهن موجب افزایش عملکرد، محتوای کلروفیل و کاروتنوئید در گندم شد. فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat Gholizadeh, 2009) اظهار داشتند که محلول‌پاشی آهن به دلیل حضور آن در ساختمان کلروفیل و کمک به افزایش کارایی فتوسنتزی، موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد جو شد. بابایی و همکاران (Babaei *et al*., 2017) اظهار داشتند که در شرایط شوری کاربرد نانو اکسید آهن و روی موجب افزایش محتوای کلروفیل a, b کاروتنوئید، عملکرد و اجزای عملکرد گندم شد. گسترش خاک‌های شور و اهمیت جو به‌عنوان یکی از غلات دو منظوره، نقش کودهای زیستی و ریز مغذی آهن در بهبود عملکرد و تعدیل اثرات ناشی از شوری از جمله عواملی بودند که موجب شد تا تأثیر کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن بر عملکرد و برخی مولفه‌های پر شدن دانه جو در شرایط شوری خاک مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش تحت شرایط گلخانه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کودهای زیستی در چهار سطح (عدم کاربرد کود زیستی، کاربرد آزوسپریلیوم، میکوریزا، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم)، محلول پاشی با نانواکسید آهن در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹گرم در لیتر) و شوری خاک در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار از نمک کلرید سدیم) بودند. قارچ میکوریزا گونه *Glomus Intraradices* و باکتری آزوسپریلیوم از گونه لیپوفروم (*Azospirillum lipoferum strain OF*) بود. باکتری از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، قارچ از شرکت زیست فناوران توران و بذر جو رقم والفجر از موسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه شد. تعداد تقریبی اسپور زنده در هر گرم قارچ حدود ۱۰۰ اسپور بود. تلقیح با این قارچ که مخلوطی از اسپور، هیف و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده بود به مقدار ۲۰ گرم در هر متر مربع خاک بنا به توصیه شرکت مربوطه با بخش سطحی خاک قبل از کاشت و به روش استاندارد و توصیه شده Gianinazzi *et al*, 2001 انجام شد. شوری با استفاده از نرم‌افزار Salt calc محاسبه شد. در این نرم‌افزار به استناد هدایت الکتریکی خاک و درصد عصاره اشباع، مقدار نمک مورد نیاز برای هر کیلوگرم خاک گلدان محاسبه شده و به کل گلدان در دو نوبت (مرحله بعد از کاشت و مرحله ۴-۳ برگی به‌ترتیب معادل مرحله ۱۳ و ۴۷ تقسیم بندی BBCH) همراه آب آبیاری اضافه شد. محلول‌پاشی با نانواکسید آهن در دو مرحله از دوره رشد (مرحله ۴ تا ۶ برگی و مرحله قبل از چکمه‌ای شدن) انجام شد. نانواکسید آهن تولید کشور چین بود که از شرکت آروم دانش ارومیه تهیه شد. برای حفظ شوری در طول دوره رشد در زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شد تا بعد از هر سه تا چهار نوبت آبیاری دوباره نمک‌های احتمالی وارد شده به زیر گلدانی در آب حل شده و به داخل هر گلدان برگشت داده شوند. برای تلقیح بذرها از مایه تلقیح تهیه شده از موسسه خاک و آب تهران که هر گرم آن دارای $۱×۱۰^۷$ عدد باکتری(CFU)[2] زنده و فعال بود استفاده شد. در تلقیح بذر با باکتری از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایه تلقیح به بذر استفاده شد. تمام بذرها به مدت چهار ساعت در مایه تلقیح در شرایط تاریکی قرار گرفتند. ۳۹ عدد بذر در هر گلدان (به قطر ۳۵ و عمق ۴۰ سانتی‌متری) برای اعمال تراکم

1- *Triticum aestivum* L.

2- Colony Forming Units

۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای ایـن رقـم است کشت شد. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای در دمای۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد با طول دوره روشنایی۱۶-۱۵ ساعت در طول دوره زایشـی (با استفاده از ترکیبـی از لامـپ‌هـای معمـولی و مهتـابی) و رطوبـت نسبی۸±۶۵ درصد نگهداری شدند. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خـاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- The properties of physicochemical experimental farm soil

مشخصه Characteristic	آهک Lime	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	کربن- آلی O. C	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	اسیدیته pH	درصد عصاره اشباع %SP	بافت Texture
			درصد%			درصد%	mg kg^{-1}					
میزان Amount	13	22	45	33	0.074	0.12	9.1	275	5.35	6.7	46.3	شنی سیلتی silty sandy

به منظور بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بـر مولفـه‌هـای پـر شدن دانه، نمونه‌برداری از ۱۵ روز بعد از سنبله‌دهی در فواصل زمـانی هر پنج روز یک بار انجام شد. هر بار دو سنبله از ساقه اصـلی در هـر گلدان انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از خوشه جدا شده و به مدت دو ساعت در آون الکتریکـی تهویـه‌دار در دمـای ۱۳۰ درجـه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک تـک بـذر از محاسـبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Ronanini *et al.*, 2004). بـه منظور تجزیه و تحلیل پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه‌ای) به کمـک رویـه DUD و برنامـه Proc NLIN نرم‌افزار SAS بر اساس معادله ۱ استفاده شد.

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases}$$ (معادله ۱)

که در آن GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پـر شـدن دانـه، t_0 پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدأ است. ایـن مـدل تغییـرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می‌کنـد: مرحلـه اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t_0 که در حقیقـت زمـان رسـیدگی وزنـی است، به صورت خطی افزایش پیدا می‌کند. شـیب خـط رگرسیون در این مرحله ($t < t_0$) سرعت پر شدن دانه را نشان می‌دهـد (Ellis and Pieta-Filho, 1992). با برازش این مدل بـر کلیـه داده‌ها ابتـدا دو پارامتر مهم پر شـدن دانـه یعنـی سـرعت پرشـدن دانـه (b) و زمـان رسیدگی وزنی (t_0) به‌دست آمده و سپس مقدار عـددی t_0 در قسـمت دوم رابطه فوق قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه شـد. برای تعیین دوره مؤثر پر شـدن دانـه از معادلـه ۲ و بـه صـورت زیـر استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho,.1992).

EFP=MGW/GFR (معادله ۲)

در این رابطه EFP دوره مؤثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه اسـت. اسـتخراج رنـگ‌دانـه‌هـای فتوسنتزی برگ با اسـتفاده از روش آرنـون (Arnon, 1949) و طبـق معادله‌های سه الی شش انجام گرفت.

(معادله ۳)

کلروفیل a =۱۹/۳ × $A_{۶۶۳}$ – ۰/۸۶ × $A_{۶۴۵}$) V/۱۰۰ W

(معادله ۴)

کلروفیل b = (۱۹/۳ × $A_{٦٤٥}$ – ۳/٦ × $A_{٦٦٣}$) V/۱۰۰W

(معادله ۵) کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

(معادله ۶)

کارتنوئید = (۱۰۰۰ $A_{۴۷۰}$ – ۱/۸۲ C_a – ۸۵/۰۲ C_b) / ۱۹۸

در این روابـط V حجـم اسـتون اسـتفاده شـده و W وزن نمونـه گیاهی استفاده شده است. در زمان رسیدگی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، ۱۰ بوته از هر گلدان از سطح خاک کف‌بر شد و ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد تک بوته در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصـل بـه‌عنـوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارهـا از نـرم‌افزارهـای SAS 9.1 و Excel 2007 اسـتفاده شـد. مقایسات میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصـد انجـام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد تـأثیر شـوری، کودهـای زیسـتی، محلول‌پاشی با نانواکسید آهن و اثر ترکیب تیماری این سه عامـل بـر عملکرد تک بوته، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، طول سـنبله، وزن صد دانه، رنگدانه‌های فتوسنتزی و تمامی مولفه‌هـای پـر شـدن دانـه معنی‌دار شد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر عملکرد، مولفه‌های پر شدن دانه و محتوای کلروفیل جو

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on yield, grain filling components and Cholorophyll content of barley

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoids	سرعت پر شدن دانه Grain filling rate	طول دوره پر شدن دانه Grain filling period	دوره موثر پر شدن دانه Effective grain filling period	حداکثر وزن دانه Maximum of grain weight	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Number of grain per spike	وزن صد دانه 100 grains weight	عملکرد تک بوته Grain yield(per plant)
R	2	0.009ns	0/0005ns	0.0051ns	0.011**	0.0000001**	0.03ns	0.16ns	0.00006**	20.81**	1.12**	7.79**	1.29**	0.043**
S	3	2.51	0.88**	6.34**	0.75**	0.000004**	183.62**	246.13**	0.0001**	4214.93**	22.54**	718.13**	2.23**	2.86**
B	3	0.73**	0.074**	1.26**	0.09**	0.0000009**	5.31**	3.86**	0.0003**	225.62**	5.99**	80.68**	1.28**	0.14**
F	3	1.59**	0.042**	2.15**	0.11**	0.0000002**	8.63**	2.89**	0.00008**	143.62**	2.93**	46.08**	0.53**	0.043**
S*B	9	0.011**	0.006**	0.022**	0.002*	0.00000003**	0.45**	3.57**	0.000002**	8.75**	0.26**	0.84ns	0.026**	0.003**
S*F	9	0.052**	0.003**	0.074**	0.001ns	0.00000003**	0.53**	3.8**	0.000006**	3.39**	0.07**	80.25**	0.024**	0.0007**
B*F	9	0.019**	0.001**	0.028**	0.003**	0.00000001**	0.58**	1.26**	0.000001**	3.44**	0.16**	1.69**	0.065**	0.001**
S*B*F	27	0.008**	0.001**	0.008*	0.003**	0.00000001**	0.46**	1.71**	0.0000009*	5.026**	0.06**	2.75**	0.027**	0.001***
E	126	0.004	0.0005	0.004	0.0009	0.000000018	0.088	0.22	0.0000001	1.15	0.006	0.49	0.0002	0.00002
CV(٪)	-	5.7	7.5	4.8	8.9	3.8	9.9	8.2	8.7	8.8	3.5	3.6	3.4	7.3

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *, and ** are non-significant and significant at the probability level of 5% and 1% respectively

R تکرار، S شوری، B کودهای زیستی، F نانواکسید آهن، E اشتباه آزمایشی، CV ضریب تغییرات

R, replication; S, salinity; B, biofertilizer; F, Nano Fe oxide; E, error; CV, coefficient of variation

مولفه‌های پر شــدن دانــه: نتـایج نشـان داد حـداکثر وزن دانـه (۰/۰۵۲ گرم) و سـرعت پـر شـدن دانـه (۰/۰۰۲۷۹ گـرم در روز) در ترکیـب تیمـاری عـدم اعمـال شـوری، کـاربرد تـوأم میکـوریز بـا آزوسـپریلیوم و محلـول‌پاشـی ۰/۹ گـرم در لیتـر نانواکسـید آهـن و کمترین این صفات (به‌ترتیب ۰/۰۳۷ گـرم و ۰/۰۰۱۴۱ گـرم در روز) در شوری ۷۵ میلـی‌مـولار، عـدم کـاربرد کودهـای زیسـتی و عـدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی نانو اکسید آهـن بـا افـزایش محتـوای کلروفیـل (جـدول ۴) میـزان آسیمیلاسیون را افزایش داده و موجب بالا رفتن نقل و انتقال مواد به دانه شده و در نهایت سبب افزایش وزن دانه گردیـد. در ایـن راسـتا تسنو و همکاران (Tsuno *et al.*, 1994) اظهار داشتند کـه افـزایش میزان کلروفیل در طول دوره رشد بـه‌ویـژه دوره‌ی پـر شـدن دانـه، موجب افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود. فرانکوییس و همکاران (Francois *et al.*, 1994) اظهار داشتند کـه شـوری وزن دانـه را از طریق کوتاه کردن دوره پر شدن دانه و تسریع در بلوغ دانه‌ها کاهش می‌دهد. بخشی از افزایش در وزن دانه را می‌توان به سرعت و طـول دوره پر شدن دانه نسبت داد. نتایج جدول ۴ نشان داد که بین سطوح مختلف شوری، کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانواکسـید آهـن از نظر سرعت و طـول دوره پـر شـدن دانـه تفـاوت‌هـایی وجـود دارد به‌طوری‌که با افزایش شوری، سـرعت و طـول دوره پـر شـدن دانـه نسبت به عدم اعمال شوری کاهش نشان داد. بـیش‌تـرین سـرعت، طول دوره و دوره مؤثر پر شدن دانه (به‌ترتیب۰/۲۷۹۰۰ گرم در روز، ۳۶/۹۶ و ۲۶/۵۳ روز) در ترکیـب تیمـاری حاصـل از عـدم اعمـال شوری، کاربرد میکوریز و محلول‌پاشی ۰/۹ گـرم در لیتـر نانواکسـید آهن و کم‌ترین مقادیر این صفات (به‌ترتیـب ۰/۰۰۱۴۱ گـرم در روز، ۳۰/۱۲ و ۱۸/۴۴ روز) در ترکیب تیماری شوری ۷۵ میلی‌مولار، عـدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳).

این امر نشان می‌دهد که با افـزایش سرعت پر شدن دانه، طول دوره و دوره مؤثر پر شـدن دانه افـزایش یافـت. بـه بیـانی دیگـر در تیمارهایی که سرعت پر شدن دانه بیشتر بود وزن دانـه نیـز حـداکثر بـــود. در ایـــن راســـتا کومـــاری و والارمـــاتی (Kumari and Valarmathi, 1998) اظهار داشتند که دانه‌هـای بـا وزن بـالاتر، از سرعت پر شدن بالاتری نسبت به دانه‌های بـا وزن کمتـر برخـوردار مـی‌باشـند. توگـای و توگـای (Togay and Togay, 2008) اظهـار داشتند که کودهای زیستی با تولیـد هورمـون‌هـای محـرک رشـد و افزایش قابلیت دسترسی به عناصـر غـذایی، بـا افـزایش طـول دوره رشـدی گیـاه، امکـان تـداوم بیشـتر دوره پـر شـدن دانـه را فـراهم می‌سازند. بهل و همکاران (Behl *et al.*, 2003) اظهار داشـتند کـه بین باکتری‌های محرک رشد و قارچ میکوریز اثـرات متقابـل مثبتـی وجود دارد. از این‌رو کودهـای زیسـتی مـی‌تواننـد بـا تـأمین عناصـر غذایی، ضمن افزایش سرعت پر شدن دانه، امکان تداوم بیشـتر دوره پر شدن دانه را نیز فراهم سازند.

رنگیزه‌های فتوسنتزی: نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b، کلروفیـل کـل و کارتنوئیـد (بـه‌ترتیـب ۱/۸۷، ۰/۶۸، ۲/۵۵ و ۰/۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در عدم اعمال شوری، کاربرد تـوأم میکـوریز و آزوسـپریلیوم و محلـول‌پاشـی ۰/۹ گـرم در لیتـر نانواکسید آهن و کمترین آن‌ها (به‌ترتیب ۰/۵۹، ۰/۱۲، ۰/۷۲ و ۰/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شـوری ۷۵ میلـی‌مـولار، عـدم کـاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمـد (جـدول ۴). تـنش شوری موجب کـاهش رنگیـزه‌هـای فتوسـنتزی و کـاربرد کودهـای زیستی و نانو اکسید آهن موجب افزایش میزان این رنگدانه‌هـا شـد. هان و لی (Han and Lee, 2005) گـزارش کردنـد کـه در شـرایط تـنش، میـزان کلروفیـل کـاهش مـی‌یابـد. خـان (Khan, 2003) جلوگیری از سنتز کلروفیل در شرایط شوری بالا را به افزایش اتـیلن تولیدی به‌واسطه شوری نسبت داد. از سوی دیگر لونـت و همکـاران (Levent Tuna *et al.*, 2008) بیـان کردنـد کـه کـاهش میـزان کلروفیل با تشکیل آنزیم‌هایی مانند کلروفیلاز ارتباط دارد که موجـب تجزیه کلروفیل می‌شود. شوری می‌تواند اثر منفی بر آسـیمیله شـدن نیتروژن داشته باشد و میزان کلروفیل را کاهش دهد (Ali-Dinar *et al.*, 1999). سـلطانا و همکـاران (Sultana *et al.*, 1999) گـزارش کردند که میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها در شرایط تنش شـوری بـه دلیل تجزیه بتا کاروتن و تشکیل زآ–زانتین کاهش می‌یابـد. گـری و موکرجی (Giri and Mukerji, 2004) گزارش کردند که میکوریز و باکتری‌های محرک رشد باعث کاهش اثرات سوء شوری در تشـکیل کلروفیـل مـی‌شـوند. شـاهارونا و همکـاران (Shaharoona *et al.*, 2006) گزارش کردند که تلقیح بـا بـاکتری‌هـای محـرک رشـد اثـر معنی‌داری بر رنگدانه‌های فتوسـنتزی تحـت شـرایط تـنش شـوری داشتند. اسپیدکار و همکاران (Speedkar *et al.*, 2016) نشان دادند که کاربرد همزمان میکـوریز و حضـور بـاکتری‌هـای محـرک رشـد، محتوای کلروفیل جـو[1] را افـزایش داد ولـی کمبـود آهـن بـه دلیـل تخریب ساختار کلروپلاسـت موجـب کـاهش میـزان کلروفیـل و در نتیجه‌ی زردی یا کلروز برگ می‌شود (Pinto *et al.*, 2005).

1- *Hordeum vulgare* L.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر مولفه‌های پر شدن دانه جو

Table 3- Means comparison of the effects of nano Fe oxide, biofertilizer and salinity on grain filling components of barley

شوری Salinity	کود زیستی Biofertilizer	Maximum of grain weight (g) حداکثر وزن دانه				Grain filling rate (g day^{-1}) سرعت پر شدن دانه			
		Fe levels سطوح آهن				Fe levels سطوح آهن			
		F_1	F2	F_3	F_4	F_1	F_2	F3	F4
S1	B_1	0.045±0.001	0.046±0.005	0.049±0.001	0.044±0.001	0.00236±0.00002	0.00235±0.00009	0.00247±0.00003	0.00229±0.00005
	B_2	0.047±0.001	0.048±0.001	0.049±0.002	0.047±0.005	0.00251±0.00007	0.00239±0.00001	0.00255±0.00009	0.00237±0.00007
	B_3	0.048±0.0005	0.05±0.0001	0.052±0.001	0.048±0.001	0.00262±0.00008	0.00272±0.00006	0.00279±0.00005	0.00243±0.00007
	B_4	0.043±0.001	0.044±0.001	0.045±0.004	0.041±0.001	0.00223±0.00001	0.00224±0.00001	0.00254±0.00008	0.00216±0.00006
S2	B_1	0.043±0.001	0.045±0.004	0.046±0.001	0.041±0.001	0.00199±0.00004	0.00208±0.00003	0.0022±0.00007	0.00212±0.00007
	B_2	0.045±0.001	0.047±0.002	0.048±0.005	0.044±0.001	0.00199±0.00006	0.0021±0.00003	0.00231±0.00008	0.00199±0.00007
	B_3	0.047±0.0005	0.049±0.001	0.05±0.001	0.045±0.0005	0.00234±0.00007	0.00228±0.00003	0.00261±0.00006	0.00226±0.00007
	B_4	0.041±0.001	0.042±0.001	0.044±0.003	0.038±0.001	0.00201±0.00006	0.00192±0.00005	0.00211±0.00006	0.00192±0.00005
S3	B_1	0.043±0.002	0.044±0.003	0.043±0.003	0.043±0.004	0.00196±0.00004	0/002±0.00009	0.00199±0.00007	0.0018±0.00006
	B_2	0.045±0.003	0.046±0.001	0.045±0.001	0.044±0.001	0.00201±0.00003	0.00205±0.00007	0.00205±0.00004	0.0019±0.00008
	B_3	0.046±0.001	0.048±0.005	0.048±0.002	0.046±0.001	0.00213±0.00012	0/00206±0.00003	0.00209±0.00004	0.00197±0.00008
	B_4	0.04±0.0005	0.041±0.0005	0.041±0.001	0.038±0.0005	0.00173±0.00002	0.00177±0.00004	0.00174±0.00005	0.00178±0.00026
S4	B_1	0.041±0.004	0.042±0/001	0.044±0.001	0.041±0.001	0.00172±0.00002	0.00178±0.00006	0.00175±0.00004	0.00165±0.00004
	B_2	0.042±0.001	0.042±0.004	0.044±0.005	0.042±0.005	0.00174±0.00004	0.00176±0.00004	0.00183±0.00001	0.00165±0.00005
	B_3	0.044±0.003	0.044±0.006	0.045±0.001	0.043±0.001	0.0018±0.00007	0.00196±0.00006	0.00188±0.00004	0.00177±0.00006
	B_4	0.039±0.001	0.04±0.001	0.041±0.001	0.037±0.001	0.00158±0.00003	0.00158±0.00003	0.00161±0.00004	0.00141±0.00004
LSD	0.05		0.0005				0.0001		

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی‌مولار، ۵۰ میلی‌مولار و ۷۵ میلی‌مولار B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی

F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب محلول‌پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول‌پاشی نانواکسید آهن

S1, S2, S3 and S4 represent no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively

B1, B2, B3 and B4 represent application of Azospirilium, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers respectively.

F1, F2, F3 and F4 represent 0.3, 0.6, 0.9 g l^{-1} and without nano Fe oxide as control respectively

ادامه جدول ۳-

شوری Salinity	Bio fertilizer	Effective grain filling period (day) دوره موثر پر شدن دانه				Grain filling period (day) طول دوره پر شدن دانه			
		Fe levels سطوح آهن				Fe levels سطوح آهن			
		F_1	F_2	F_3	F_4	F1	F_2	F3	F4
S_1	B_1	23.83±0.3	23.77±0.22	25.16±0.03	24.58±0.07	36.39±0.11	36.13±0.37	35.76±0.005	35.34±0.35
	B_2	24.15±0.03	24.11±0.22	23.85±0.07	25.47±0.15	36.6±0.1	36.5±0.15	36.96±0.16	35.78±0.03
	B_3	24.44±0.05	25.29±0.13	25.5±0.09	26.53±0.11	35.71±0.1	36.16±0.11	36.02±0.22	35.33±0.11
	B_4	24.48±0.59	22.41±0.14	24.19±0.28	24.32±0.23	35.43±0.8	36.28±0.22	35.91±0.59	34.77±0.34
S_2	B_1	21.97±0.03	22.05±0.45	21.44±0.52	24.1±0.04	34.49±0.35	34.28±0.16	33.97±0.44	33.33±0.11
	B_2	22.44±0.16	22.7±0.22	21.82±0.1	23.15±0.47	34.8±0.05	35.25±0.05	34.69±0.41	33.77±0.17
	B_3	21.82±0.74	23.38±0.17	22.91±0.01	23.58±0.17	33.98±0.19	34.27±0.24	32.9±0.1	32.65±0.23
	B_4	23.4±0.3	23.45±0.25	23.56±0.1	21.86±0.03	33.58±0.27	34.33±0.87	33.93±0.05	32.98±0.03
S_3	B_1	21.85±0.31	21.68±0.22	20.97±0.16	19.34±0.16	33.42±0.09	33.15±0.09	33.03±0/02	32.54±0.03
	B_2	22.66±0.13	22.53±0.22	20.87±0.38	22.1±0.29	32.68±0.26	33.95±0.04	33.77±0.27	32.75±0.16
	B_3	20.29±0.38	21.59±0.05	19.11±0.02	20.14±0.4	32.34±0.13	33.33±0.18	34±0.73	32.54±0.52
	B_4	20.4±0.11	21.89±0.04	20.64±0.5	19.8±0.03	33.59±0.005	32.88±0.59	32.9±0.55	32.16±0.75
S_4	B_1	19.11±0.62	19.83±0.58	19.93±0.07	19.24±0.04	31.85±0.24	31.51±0.44	31.37±0.13	30.95±0.29
	B_2	18.92±0.07	20.07±0.41	19.09±0.21	19.87±0.21	32.11±0.4	31.36±0.1	32.23±0.04	30.92±0.06
	B_3	18.46±0.4	18.44±0.03	18.73±0.12	19.97±0.08	30.93±0.01	31.2±0.03	30.58±0.14	30.51±0.13
	B_4	19.3±0.38	19.87±0.67	17.76±0.13	19.21±0.16	31.38±0.09	31.02±0.13	32.23±0.45	30.12±0.12
	LSD	0.05	0.7676				0.4805		

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی‌مولار، ۵۰ میلی‌مولار و ۷۵ میلی‌مولار

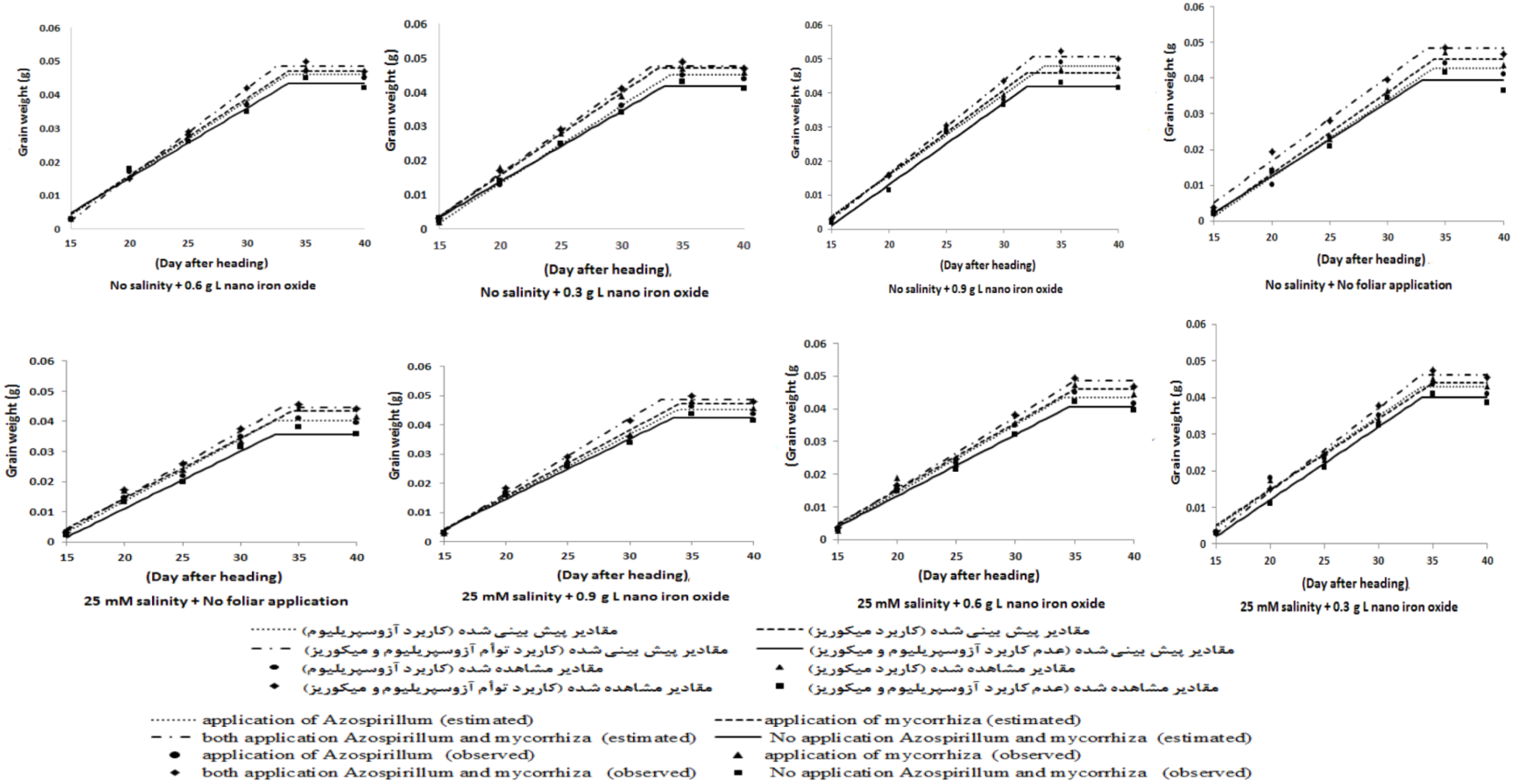
B_1 ، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی

F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب محلول‌پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول‌پاشی نانواکسید آهن

S1, S2, S3 and S4 are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively

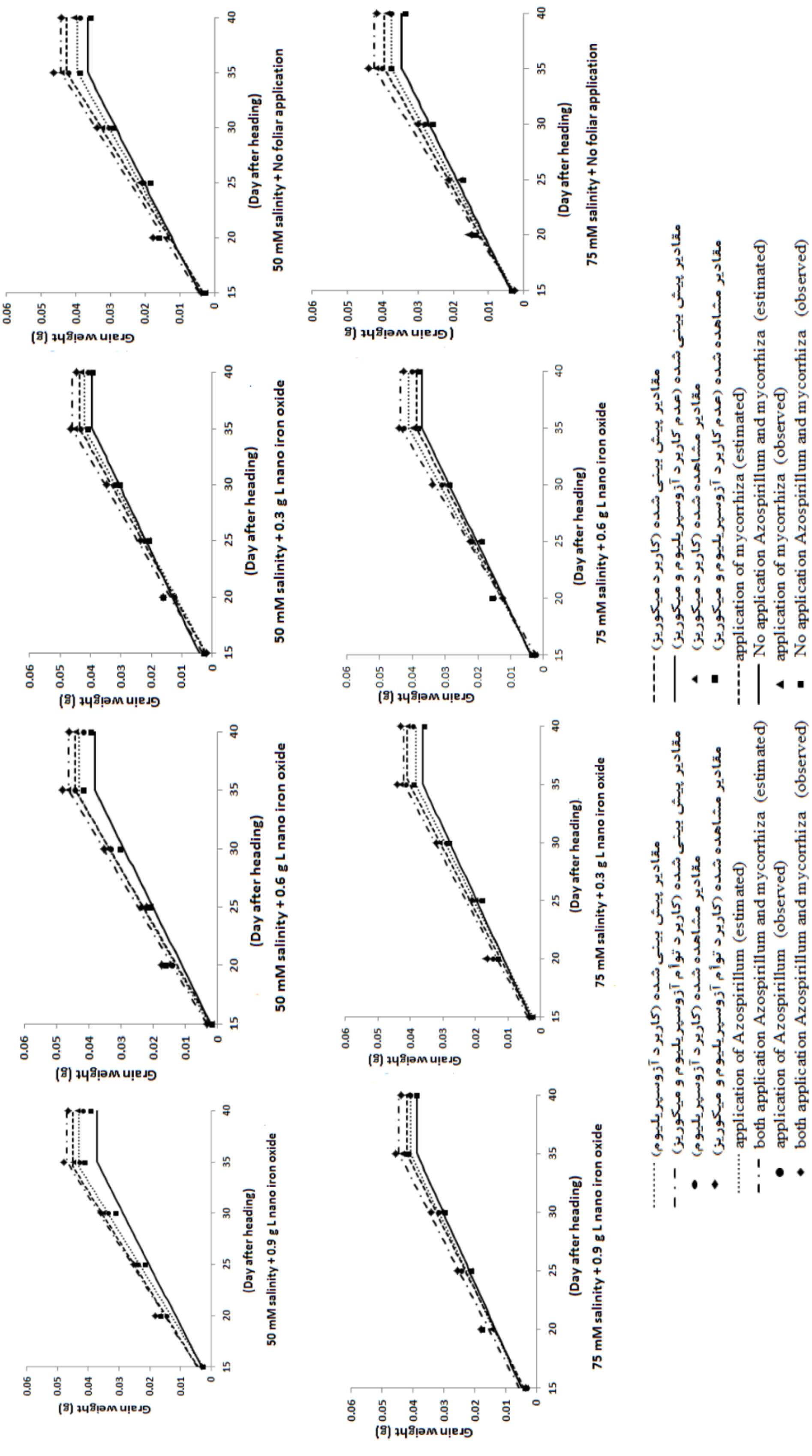
B1, B2, B3 and B4 are application of Azospirilium, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers respectively.

F1, F2, F3 and F4 are 0.3, 0.6, 0.9 g L^{-1} and without nano Fe oxide as control respectively



شکل ۱- تأثیر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر پر شدن دانه جو

Figure 1- Effect of Nano iron oxide, bio fertilizers and salinity stress on grain filling of barley



ادامه شکل ۱- تأثیر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر پر شدن دانه جو

Figure 1 continue- Effect of Nano iron oxide, bio fertilizers and salinity stress on grain filling of barley

ارتفاع بوته و طول سنبله: بیش‌ترین ارتفاع بوته و طول سنبله (به‌ترتیب ۷۵ و ۷/۶۳ سانتی‌متر) در ترکیب تیماری عدم شوری، استفاده توام میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و کم‌ترین آن (۴۱/۶۶ سانتی‌متر) در عدم مصرف کودهای زیستی، عدم استفاده از نانواکسید آهن و شوری ۷۵ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۵). جعفری و همکاران (Jafari *et al*., 2014) اظهار داشتند که تنش شوری موجب کاهش ارتفاع بوته و کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ارتفاع بوته شد. لیندرمن (Linderman, 1992) گزارش کرد که درکاربرد توام قارچ با باکتری، میکوریز با تشدید فعالیت باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته گیاهان می‌شود. جفریس و همکاران (Jeffries *et al*., 2003) اظهار داشتند که باکتری‌های محرک رشد به دلیل تشدید رشد ریشه و کمک به جذب بهینه آب و مواد غذایی و قارچ با گسترش هیف‌های خود و نفوذ بهتر آن‌ها در خاک موجب می‌شود که به دلیل دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی، ارتفاع بوته و رشد گیاه افزایش یابد. اردکانی و همکاران (Ardakani *et al*., 2001) افزایش طول سنبله گندم را در مقایسه با شاهد در اثر تلقیح با آزوسپیریلیوم به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها در اثر تولید هورمون‌های گیاهی و همچنین انجام فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نسبت دادند.

تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه (به‌ترتیب ۲۸ و ۴/۵۴ گرم) در شرایط عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و کمترین این صفات (۱۲/۳۳ و ۳/۳۷ گرم) در شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۵). نصیر (Naseer, 2001) گزارش کرد که شوری، عملکرد و اجزای عملکرد جو از جمله تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را کاهش داد. حکم علی‌پور و سید شریفی (Hokmalipour and Seyed Sharifi, 2015) افزایش تعداد پنجه در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و در نهایت افزایش عملکرد گندم بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد را گزارش کردند. عمو آقایی و همکاران (Amu aghayi *et al*., 2003) نشان دادند که تلقیح گندم با آزوسپریلیوم نسبت به حالت عدم تلقیح، تعداد دانه در سنبله را افزایش داد. آنان علت را به توان تثبیت زیستی نیتروژن، گستردگی سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها توسط این باکتری نسبت دادند. همانتارانج و گرگ (Hemantaranj and Grag, 1988) نشان دادند که مصرف آهن و روی موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد. آنان اعلام نمودند که بر اثر مصرف این عناصر مقدار کل کربوهیدرات، نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافت و با افزایش کربوهیدرات، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بالا رفته و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه گردید.

عملکرد تک بوته: نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین عملکرد (۲/۰۴ گرم در بوته) در عدم اعمال شوری، کاربرد توأم میکوریز و آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن و کمترین آن (۱/۳۲ گرم در بوته) در شوری ۷۵ میلی‌مولار، عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۶). کاهش عملکرد با افزایش سطح شوری توسط شهیدی و همکاران (Shahidi *et al*., 2010) نیز گزارش شده است. از آن‌جایی‌که عملکرد دانه تابعی از اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن صد دانه می‌باشد، به نظر می‌رسد افزایش معنی‌دار این صفات تحت تأثیر ترکیب تیماری عدم شوری، کاربرد توأم کودهای زیستی (آزوسپریلیوم و میکوریز) و محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید آهن موجب افزایش عملکرد دانه شده است. همچنین بخشی از تغییرات در روند عملکرد دانه را می‌توان به سرعت و طول دوره پر شدن دانه نسبت داد. بدین صورت که در حالت عدم اعمال شوری، سرعت و طول دوره پر شدن دانه افزایش یافت و این امر موجب شد که مواد بیشتری در دانه‌ها ذخیره شده و از این طریق موجب افزایش وزن دانه و عملکرد دانه شود. در شرایط شوری و عدم اعمال شوری، بالا بودن محتوای کلروفیل a، b، کل و کارتنوئید در حالت کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن نیز می‌تواند بخشی از افزایش عملکرد را توصیف نماید. کودهای زیستی از طریق ایجاد چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن آن‌ها، افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی موجب رشد گیاه شده و از این طریق به افزایش عملکرد کمک می‌کنند (Roesty *et al*., 2006). رایت و همکاران (Wright *et al*., 1998) اظهار داشتند که کربن اضافی تثبیت‌شده توسط گیاهان میکوریزایی شده به قارچ‌های میکوریزا تخصیص می‌یابد و این قارچ‌ها با ایفای نقش مخزن اضافی برای آسیمیلات‌ها، موجب تحریک فتوسنتز گیاه میزبان شده و از این طریق به بهبود عملکرد کمک می‌کنند. فتحی و عنایت قلی‌زاده (Fathi and Enayat, Ghalyzadeh 2009) بیان داشتند که کاربرد ریزمغذی آهن موجب افزایش عملکرد دانه جو گردید.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر محتوای کلروفیل و کارتینوئید جو

Table 4- Means comparison of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on Chlorophyll a and b content of barley

شوری	کود زیستی	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)				کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)			
Salinity	Bio fertilizer	Fe levels سطوح آهن				Fe levels سطوح آهن			
		F_1	F_2	F_3	F_4	F_1	F_2	F3	F4
S_1	B_1	1.21±0.06	1.37±0.03	1.67±0.15	1.16±0.03	0.43±0.05	0.47±0.005	0.5±0.05	0.42±0.04
	B_2	1.34±0.1	1.4±0.02	1.76±0.05	1.15±0.07	0.44±0.01	0.46±0.03	0.61±0.02	0.43±0.02
	B_3	1.42±0.04	1.44±0.03	1.87±0.04	1.34±0.02	0.52±0.01	0.59±0.02	0.68±0.01	0.48±0.05
	B_4	1.12±0.02	1.11±0.04	1.47±0.13	1.02±0.01	0.4±0.02	0.39±0.03	0.41±0.02	0.38±0.03
S_2	B_1	1.2±0.08	1.28±0.09	1.52±0.01	1.01±0.05	0.33±0.05	0.37±0.01	0.38±0.03	0.32±0.04
	B_2	1.2±0.08	1.32±0.05	1.54±0.05	1.09±0.1	0.34±0.04	0.39±0.01	0.37±0.01	0.32±0.05
	B_3	1.31±0.11	1.43±0.09	1.68±0.01	1.12±0.01	0.4±0.03	0.37±0.02	0.43±0.02	0.36±0.03
	B_4	0.96±0/03	1.12±0.02	1.16±0.05	0.9±0.01	0.31±0.03	0.32±0.005	0.37±0.04	0.29±0.02
S_3	B_1	0.92±0.03	1.12±0.05	1.22±0.07	0.87±0.01	0.26±0.03	0.22±0.02	0.28±0/04	0.21±0.03
	B_2	0.94±0.04	1.24±0.05	1.29±0.16	0.85±0.01	0.22±0.01	0.28±0.005	0.27±0.01	0.2±0.005
	B_3	1.12±0.02	1.32±0.06	1.26±0.05	0.91±0.06	0/3±0.03	0.31±0.03	0.34±0.05	0.26±0.06
	B_4	0.91±0.07	0.93±0.12	1.08±0.03	0.77±0.03	0.2±0.01	0.21±0.01	0.21±0.02	0.18±0.01
S_4	B_1	0.69±0.05	1.01±0.07	1.06±0.01	0.65±0.06	0.14±0.05	0.19±0.01	0.15±0.01	0.14±0.03
	B_2	0.68±0.35	1.02±0.03	1±0.19	0.62±0.06	0.17±0.05	0.16±0.01	0.18±0.005	0.14±0.005
	B_3	0.83±0.01	1.1±0.02	1.18±0.03	0.81±0.03	0.17±0.01	0.18±0.02	0.2±0.005	0.17±0.01
	B_4	0.66±0.03	0.69±0.07	0.87±0.07	0.59±0.05	0.13±0.005	0.14±0.005	0.16±0.005	0.12±0.005
LSD 0.05			0.1044				0.0378		

continue of Table 4 **ادامه جدول ۴**

		Total chlorophyll (mg g^{-1} FW) کلروفیل کل				Carotenoid (mg g^{-1} FW) کاروتنوئید			
شوری	کود زیستی	سطوح آهن Fe levels				سطوح آهن Fe levels			
Salinity	Bio fertilizer	F_1	F_2	F_3	F_4	F_1	F_2	F_3	F_4
S_1	B_1	1.64±0.01	1.84±0.02	2.18±0.21	1.58±0.1	0.42±0.01	0.55±0.02	0.5±0.02	0.4±0.01
	B_2	1.78±0.08	1.86±0.01	2.38±0.07	1.58±0.02	0.43±0.01	0.45±0.02	0.57±0.03	0.39±0.01
	B_3	1.94±0.05	2.03±0.01	2.55±0.05	1.83±0.03	0.56±0.02	0.55±0.03	0.6±0.01	0.51±0.03
	B_4	1.53±0.005	1.5±0.07	1.88±0.15	1.4±0.02	0.4±0.02	0.41±0.03	0.51±0.01	0.38±0.01
S_2	B_1	1.54±0.08	1.64±0.09	1.9±0.04	1.33±0.05	0.35±0.01	0.43±0.02	0.48±0.04	0.3±0.005
	B_2	1.54±0.08	1.72±0.02	1.91±0.04	1.41±0.1	0.35±0.01	0.49±0.02	0.42±0.005	0.33±0.01
	B_3	1.72±0.15	1.8±0.07	2.11±0.03	1.48±0.04	0.48±0.004	0.43±0.04	0.54±0.01	0.41±0.02
	B_4	1.27±0.06	1.44±0.01	1.53±0.05	1.19±0.02	0.3±0.005	0.36±0.004	0.44±0.07	0.3±0.005
S_3	B_1	1.18±0.04	1.44±0.09	1.41±0.01	1.09±0.02	0.28±0.01	0.3±0.005	0.33±0.01	0.23±0.005
	B_2	1.17±0.03	1.53±0.05	1.56±0.17	1.06±0.01	0.29±0.04	0.32±0.03	0.36±0.02	0.24±0.01
	B_3	1.42±0.1	1.63±0.03	1.6±0.1	1.17±0.03	0.32±0.02	0.34±0.005	0.4±0.09	0.29±0.01
	B_4	1.11±0.08	1.15±0.11	1.29±0.01	0.94±0.02	0.25±0.02	0.25±0.03	0/35±0.07	0.21±0.005
S_4	B_1	0.84±0.06	1.2±0.05	1.21±0.02	0.79±0.06	0.13±0.007	0.16±0.04	0.25±0.03	0.12±0.003
	B_2	0.86±0.03	1.18±0.04	1.18±0.18	0.77±0.05	0.17±0.02	0.25±0.04	0.26±0.06	0.15±0.01
	B_3	1.01±0.03	1.28±0.04	1.38±0.05	0.98±0.04	0.23±0.02	0.28±0.05	0.29±0.04	0.19±0.005
	B_4	0.79±0.02	0.84±0.07	1.04±0.07	0.72±0.05	0.14±0.02	0.13±0.01	0.17±0.05	0.11±0.005
LSD 0.05			0.1123					0.0497	

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی‌مولار، ۵۰ میلی‌مولار و ۷۵ میلی‌مولار B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب محلول‌پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول‌پاشی نانواکسید آهن

S1, S2, S3 and S4 are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively.

B1, B2, B3 and B4 are application of Azospirilium, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers
F1, F2, F3 and F4 are 0.3, 0.6, 0.9 g L^{-1} and without nano Fe oxide as control respectively respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر ارتفاع بوته و طول سنبله تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه جو

Table 5- Means comparison of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on plant height, spike length, number of grain per spike and 100 grains weight of barley

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	Spike length (cm) طول سنبله				Plant height (cm) ارتفاع بوته			
		Fe levels سطوح آهن				Fe levels سطوح آهن			
		F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
S_1	B_1	7.16±0.15	7.2±0.2	7.63±0.15	6.6±0.1	67.66±0.57	71±1	69±1	56.66±0.57
	B_2	7.16±0.15	7.16±0.15	7.26±0.05	6.66±0.15	70±1	68.66±0.57	70.66±0.57	68±1
	B_3	7.2±0.13	7.6±0.17	7.56±0.05	7.16±0.15	72±1	73±1	75±1.1	71±1.1
	B_4	6.66±0.12	6.56±0.05	6.66±0.15	6.26±0.05	68±1.1	67±1	69±1	65.66±1.2
S_2	B_1	6.46±0.02	6.66±0.14	7.06±0.11	6.2±0.2	60±1.2	61.66±0.57	62.66±0.57	61.66±1.32
	B_2	6.16±0.15	6.26±0.05	6.56±0.13	6.16±0.15	60.66±0.57	62.66±1.2	64.66±1.52	58.33±1.52
	B_3	6.6±1	6.9±0.1	7±0.17	6.6±0.1	60.66±0.57	63.66±0.52	64.66±1.52	61.66±1.52
	B_4	6.1±0.12	6.3±0.1	6.6±0.1	6.1±0.1	59.66±0.57	60.33±0.85	61.66±1.52	56.33±0.55
S_3	B_1	6.1±0.1	6.1±0.5	6.5±0.4	5.9±0.1	53.33±1.52	54.33±1.52	54.66±0.57	52±2
	B_2	6.1±0.1	6.1±0.15	6.1±0.1	5.66±0.15	55.66±1.1	58.33±0.57	59.33±0.48	52.33±1.4
	B_3	6.6±0.1	6.66±0.15	6.3±0.36	6.16±0.15	58.33±1.5	59.33±0.69	60.33±1.52	56.33±0.45
	B_4	5.66±0.12	5.6±0.1	6.16±0.15	5.26±0.17	53.33±1.22	54.33±0.55	52.33±0.52	51.33±1.52
S_4	B_1	5.66±0.12	5.7±0.2	6.2±0.2	5.16±0.15	46±1	48±1	48.33±1.02	45±1
	B_2	5.1±0.1	5.66±0.13	5.36±0.15	5.06±0.25	48±0.5	49±1	48.66±0.57	45±0.57
	B_3	5.96±0.15	5.96±0.15	6.16±0.12	5.66±0.15	52.33±1.52	51.33±1.52	53.33±1.52	45±1
	B_4	4.9±0.2	4.66±0.15	5.16±0.12	4.16±0.15	43±1.1	45±1.1	47±1	41.66±1.52
LSD 0.05				0.1275				1.7375	

continue of Table 5 **ادامه جدول ۵**

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike				100 grains weight (g) وزن صد دانه			
		Fe levels سطوح آهن				Fe levels سطوح آهن			
		F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
S1	B1	24±1	24±1	26±1	22±1	4.15±0.15	4.44±0.15	4.24±0.15	4.04±0.15
	B2	24±1	25±0.55	24±1.1	21.66±0.57	4.35±0.14	4.34±0.16	4.54±0.16	4.36±0.14
	B3	25±1	26±1	28±0.85	24±1	4.34±0.17	4.44±0.16	4.44±0.16	4.39±0.16
	B4	21.66±0.57	22±1	25±1	20.66±0.57	4.17±0.12	4.24±0.15	4.06±0.13	3.95±0.14
S2	B1	19±1	20.66±0.57	23±1	20±1.1	4.05±0.15	4.2±0.1	4.15±0.15	3.87±0.13
	B2	20.66±0.57	21.66±1.52	21.66±0.57	19.66±0.95	4.05±0.14	4.07±0.13	4.42±0.17	4.03±0.14
	B3	20.66±0.57	23±1	24±1	19.66±0.57	4.45±0.15	4.24±0.15	4.23±0.16	3.95±0.14
	B4	18.66±0.57	17.66±0.67	20.66±0.77	19±1.3	3.86±0.13	4.15±0.15	3.96±0.14	3.77±0.12
S3	B1	17.66±0.59	18.66±0.57	19.66±0.57	15.66±0.57	3.76±0.13	4.16±0.13	4.05±0.14	3.67±0.13
	B2	17±0.55	18.66±0.57	19±1	16.66±0.57	4.04±0.16	4.15±0.15	4.23±0.16	3.95±0.14
	B3	19±1	19.66±0.57	21.66±0.57	17.66±0.66	4.17±0.12	4.24±0.15	4.34±0.15	3.97±0.13
	B4	15.66±0.57	16.66±0.57	17.66±0.57	15.66±1.4	3.86±0.14	3.77±0.13	3.86±0.14	3.66±0.13
S4	B1	15.66±0.57	16±1	14.33±1.2	14.33±0.57	3.67±0.12	3.66±0.13	4.05±0.15	3.58±0.12
	B2	14.66±0.57	13.33±0.47	15±1	14.33±0.87	3.87±0.12	3.89±0.1	4.05±0.14	3/76±0.13
	B3	17±1	14.33±0.57	16.66±0.57	18.66±0.69	3.97±0.13	3.95±0.14	3..94±0.15	3.95±0.14
	B4	14.33±0.57	13.33±0.69	13.33±0.57	12.33±0.57	3.49±0.11	3.57±0.13	3.48±0.11	3.37±0.12
LSD 0.05				1.1372				0.0253	

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی‌مولار، ۵۰ میلی‌مولار و ۷۵ میلی‌مولار B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب محلول‌پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول‌پاشی نانواکسید آهن

S1, S2, S3 and S4 are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively. B1, B2, B3 and B4 are application of F1, F2, F3 and F4 are 0.3, Azospirilium, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers respectively. 0.6, 0.9 g L^{-1} and without Nano Fe oxide as control respectively

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر نانواکسید آهن، کودهای زیستی و شوری بر عملکرد دانه جو

Table 6- Means comparison of the effects of Nano Fe oxide, bio-fertilizers and salinity on grain yield of barley

شوری Salinity	کود زیستی Bio fertilizer	عملکرد دانه Grain yield (g per plant) — سطوح آهن Fe levels: F1	F2	F3	F4
S1	B1	1.936±0.024	1.987±0.035	1.988±0.032	1.871±0.016
	B2	1.872±0.03	1.937±0.022	1.931±0.031	1.855±0.018
	B3	1.993±0.033	2.02±0.028	2.04±0.035	1.977±0.036
	B4	1.853±0.025	1.848±0.028	1.915±0.025	1.831±0.028
S2	B1	1.842±0.032	1.823±0.028	1.844±0.029	1.786±0.026
	B2	1.834±0.026	1.892±0.028	1.87±0.029	1.801±0.031
	B3	1.868±0.031	1.904±0.031	1.914±0.03	1.833±0.035
	B4	1.737±0.027	1.748±0.021	1.831±0.028	1.712±0.026
S3	B1	1.511±0.023	1.542±0.027	1.53±0.025	1.445±0.023
	B2	1.486±0.022	1.522±0.027	1.532±0.026	1.484±0.021
	B3	1.571±0.024	1.573±0.028	1.586±0.031	1.568±0.027
	B4	1.44±0.018	1.425±0.022	1.459±0.025	1.408±0.022
S4	B1	1.382±0.02	1.438±0.024	1.47±0.024	1.365±0.025
	B2	1.42±0.022	1.43±0.017	1.423±0.023	1.4±0.02
	B3	1.505±0.025	1.494±0.026	1.524±0.026	1.477±0.026
	B4	1.353±0.017	1.408±0.022	1.382±0.02	1.32±0.02
LSD 0.05			0.0075		

S_1، S_2، S_3 و S_4 به‌ترتیب عدم شوری، شوری ۲۵ میلی‌مولار، ۵۰ میلی‌مولار و ۷۵ میلی‌مولار B_1، B_2، B_3 و B_4 به‌ترتیب کاربرد آزوسپریلیوم، کاربرد میکوریز، کاربرد توأم آزوسپریلیوم و میکوریز، عدم کاربرد کودهای زیستی F_1، F_2، F_3 و F_4 به‌ترتیب محلول‌پاشی ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ گرم در لیتر و عدم محلول‌پاشی نانواکسید آهن

S1, S2, S3 and S4 are no-salt (control), salinity 25, 50 and 75 mM NaCl, respectively.

B1, B2, B3 and B4 are application of Azospirilium, mycorrhiza, both applications Azospirillum and mycorrhiza, no biofertilizers

F1, F2, F3 and F4 are 0.3, 0.6, 0.9 g L^{-1} and without nano Fe oxide as control respectively respectively.

نتیجه‌گیری

با افزایش شوری عملکرد، اجزای عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه جو در شرایط کنترل شده گلخانه کاهش یافت. کاربرد کودهای زیستی و نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد و عدم محلول‌پاشی منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو گردید. نتایج نشان داد که اعمال شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار نسبت به حالت عدم اعمال شوری عملکرد دانه را به‌ترتیب ۵/۲۳، ۲۱/۹۳ و ۲۶/۱۴ درصد کاهش داد و استفاده توأم کودهای زیستی و نانواکسید آهن در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها در سطح شوری ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار به‌ترتیب ۱۱/۷۹، ۱۲/۶۴ و ۱۵/۴۵ درصد از کاهش عملکرد را جبران کردند. به نظر می‌رسد کاربرد توأم میکوریز با آزوسپریلیوم و محلول‌پاشی با نانواکسید آهن با تعدیل اثرات شوری می‌تواند در بهبود عملکرد، سرعت و طول دوره پر شدن دانه حتی در شرایط تنش شوری موثر واقع شود.

References

1. Ali-Dinar, H. M., Ebert, G., and Ludders, P. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relationsin guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. Gartenbauwissenschaft 64 (2): 54-59.
2. Amu Aghayi, R., Mostageran, A., and Emtiyazy, G. 2003. Effect of Azospirillum on some growth and yield indices of three wheat cultivars. Journal of Agricultural Science and Technology 2: 127-138. (in Persian with English abstract).
3. Ardakani, M. R., Majid, F., Mazaheri, D., and Noor Mohammadi, Gh. 2001. Evalution of azospirillum, mycorrhiza and streptomycin efficiency with manure utilization in Wheat by using 32P. Iranian Journal of Crop Sciences 3 (1): 56-69. (in Persian with English abstract).
4. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology 24 (1): 1-15.
5. Babaei, K., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A., and Khalilzadeh, R. 2017. Effects of bio fertilizer and nano Zn- Fe oxide on physiological traits, antioxidant enzymes activity and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Journal of Plant Interactions 12 (1): 381-389.

6. Behl, R. K., Sharma, H., Kumar, V., and Narula, N. 2003. Interaction between mycorrhiza, azotobacter chroococcum and root characteristics of wheat varieties. Journal of Agronomy and Crop Science 89: 151-155.
7. Cakmakci, R. I., Donmez, M. F., and Erdogan, U. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture 31: 189-199.
8. Ellis, H. R., and Pieta-Filho, C. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research 2: 19-25.
9. Fahad, S., Ahmad, M., Akbar Anjum, M., and Hussain, S. 2014. The effect of micronutrients (B, Zn and Fe) foliar application on the growth, flowering and corm production of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) in calcareous soils. Journal of Agricultural Science and Technology 16: 1671-1682.
10. Fathi, Gh., and Enayat Gholizadeh, M. A. 2009. Effect of iron, zinc and copper on growth and yield of barley cultivars in Khuzestan Climate condition. Journal of Plant Physiology 1 (1): 41-28. (in Persian with English abstract).
11. Francois, L. E., Grieve, C., Mass, E. V., and Lesch, S. M. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. Agronomy Journal 86: 100-107.
12. Galavi, M., Ramroudi, M., and Tavassoli, A. 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). African Journal of Agricultural Research 7 (3): 482-486.
13. Ghafari, H., and Razmjoo, J. 2013. Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. International Journal of Agronomy and Plant Production 4 (11): 2997-3003.
14. Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J. M. and Haselwandter, K. 2001. Mycorrhizal technology in agriculture: from genes to bioproducts. Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: Mycorrhiza, 13: 53-54. Lovato, P. Book review.
15. Grover, M., Ali, S. K., Sandhya, Z., Abdul Rasul, V., and Venkateswarlu, B. 2010. Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. World Journal of Microbiology and Biotechnology 27 (5): 1231-1240.
16. Hadi, H., Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2016. Phytoprotectants and Abiotic Stresses. Urmia University press 341 pp. (in Persian).
17. Haghbahary, M., Seyed Sharifi, R. 2011. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, rate and grain filling period of wheat under different levels of soil salinity. Environmental stresses in Crop Sciences 6 (1): 65-75. (in Persian with English abstract).
18. Han, H. S., and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of Lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1: 210-215.
19. Hemantaranj, A., and Grag, O. K. 1988. Iron and iron fertilization with reference to the grain quality of *triticum eastivum* L. Journal of Plant Nutrition 11 (6-11): 1439-1450.
20. Hokmalipour A., and Seyed Sharifi, R. 2015. The effects of seed inoculation by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter remobilization on spring barley at different levels of nitrogen and phosphorus. Journal of Soil Science (Soil and Water Science) 29 (4): 407-425. (in Persian with English abstract).
21. Jafari, P., Leather, M., Enayati Zamir, N., and Motamedi, H. 2014. Effect of two isolates of salinity resistant bacteria on barley growth in different levels of soil salinity. Journal of Soil Biology 2 (2): 187-196. (in Persian with English abstract).
22. Jeffries, P., Gianinazi, S., Perotto, S., Turnau, K., and Barea, J. M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils 37: 1-16.
23. Khalafallah, A. A., and Abo-Ghalia, H. H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4: 559-569.
24. Khan, N. A. 2003. NaCl inhibited chlorophyll synthesis and associated changes in ethylene evolution and antioxidative enzymes activities in wheat. Biologia Plantarum 47: 437-440.
25. Kumari, S. L., and Valarmathi, G. 1998. Relationship between grain yield grain filling rate and duration of grain filling in rice. Madras Agricultural Journal 85: 210-211.
26. Levent Tuna, A., Kaya, C., Dicilitas, M., and Higgs, D. 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. Environmental and Experimental Botany 62: 1-9.
27. Linderman, R. G. 1992. Vesicular–arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. In: Bethlenfalvay, G.J., Linderman, R.G, editors. Mycorrhizae in sustainable agriculture. Madison, Wis: ASA. Pp: 1-26.
28. Mouk, B. O. and Ishii, T. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth and nutrient uptake of Sclerocarya birrea under water stress, salt stress and flooding. Journal of the Japanese Society of Horticulture Science 75: 26-31.

29. Naderi, M. R., and Abedi, A. 2012, Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. Nanotechnology Journal 11 (1): 18-26.
30. Naseer, S. H. 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at variouse growth stages to salt stress. Journal of Biological Science 1: 326-329.
31. Parvazi Shandi, S., Pazoki, A., Asgharzadeh, A., Azadi, A., and Paknejad, F. 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat, Journal of Plant Physiology 5 (18): 19-33. (in Persian with English abstract).
32. Pinto, A., Mota, M., and Varennes, A. 2005. Influence of organic matter on the uptakc of zinc, copper and iron by Sorghum plants. Science Total Environment 326: 239-247.
33. Roesty, D., Gaur, R., and Johri, B. N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry 38: 1111-1120.
34. Ronanini, D. R., Savin, R., and Hall, A. J. 2004. Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower (*Helianthus annus* L.) exposed to brif interval of high temperature during grain filling. Field Crops Research 83: 79-90.
35. Seyed Sharifi, R., and Namvar, A. 2015. Biofertilizers in Agronomy. University of Mohaghegh Ardabili press. 280 pp. (in Persian).
36. Shaharoona, B., Arshad, M., and Zahir, Z. A. 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation in mung bean (*Vigna radiata* L.). Letters in Applied Microbiology 42 (2): 155-159.
37. Shahidi, R., Kamkar, B., Latifi, N., and Golshi, S. 2010. Effect of different salinity levels and exposure times on individual's seed yield and yield components of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.). Electronic Journal of Crop Production 3 (2): 63-49. (in Persian with English abstract).
38. Speedkar, Z., Yarnia, M., Ansari, M. H., Mirashkari, B., and Asadi Rahmani, H. 2016. The Effects of mycorrhizal fungus on the ecophysiological characteristics of barley cultivars in response to inoculation with pseudomonas fluorescent under rain fed conditions. Journal of Plant Physiology 8 (30): 21-38. (in Persian with English abstract).
39. Sultana, N., Ikeda, T., and Itot, R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. Environmental and Experimental Botany 42: 211-220.
40. Swiader, J. M. 2000. Micronutrient fertilizer recommendation for vegetable Crop, Horticulture Facts 21-35.
41. Taiz, L., and Zeiger, E. 2002. Plant Physiology, Third edition. Sunderland: Sinauer Associates. 690 pp.
42. Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K. M., and Turan, M. 2008. Effect of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chick pea (*Cicer aretinum* L.). African Journal of Biotechnology 7: 776-782.
43. Tsuno, Y., Yamaguchi, T., and Nakano, J. 1994. Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Bull. Faculty of Agricultural. Tottori University. 47: 1-10.
44. Wright, D. P., Scholes, J. D., and Read, D. J. 1998. Effects of VA mycorrhizal colonization on photosynthesis and biomass production of *trifolium repense* L. Plant, Cell and Environment 21: 209-216.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 493-509

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۵۰۹-۴۹۳

Effects of Bio-fertilizer and Nano Iron Oxide on Yield, Chlorophyll Content and Modeling of Some Components of Grain Filling Period of Barley (*Hordeum vulgare* L.) under Salinity Stress Levels

S. Dadashzadeh[1]- R. Seyed Sharifi[2*]- S. Farzaneh[3]

Received: 25-10-2017
Accepted: 15-01-2018

Introduction

Salinity is one of the most important and adverse environmental constraint restricting growth and development of plant particularly in arid and semiarid regions. One approach to improve the salt stress problem is the use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and *Mycorrhiza*. The PGPR are a group of rhizosphere colonizing bacteria that produces substances to increase the growth of plants, synthesize different phytohormones, including auxins, cytokinins, and gibberellins, synthesize enzymes that can modulate plant growth and development. *Arbuscular mycorrhizal* fungi (AMF) symbiosis is considered a valuable component in most agricultural systems due to their role in plant nutrition and soil health. Soil microorganisms such as *Arbuscular mycorrhizal* fungi represents a key link between plants and soil mineral nutrients. Thus, they are collecting growing interest as natural fertilizers. Iron is the third most limiting nutrient for plant growth and metabolism. It is well known that iron is important component of many vital enzymes, and also participates in the synthesis of chlorophyll, indole-3-acetic acid (IAA), electron transport, chlorophyll biosynthesis and photosynthesis, and a structural stabilizer for proteins, membrane and DNA-binding proteins. The problem of soil salinization is a scourge for agricultural productivity worldwide. Iron deficiency also is a common nutritional disorder in many crop plants, resulting in poor yields and reduced nutritional quality. Since, application of bio fertilizers and iron is one of the most important strategies for alleviation of salinity stress effects. Therefore, the aim of this study was to evaluate the effects of bio fertilizers and iron on yield, chlorophyll content and some components of grain filling period of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress.

Materials and Methods

A factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at research greenhouse of faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili during 2016. Factors experiment were included bio-fertilizers in four levels (non-application of biofertilizer, application of *Azospirilium*, *mycorrhiza* (*Glomus Intraradices*), both application of *mycorrhiza* and *Azospirilium*), foliar application with nano iron oxide at four levels (0, 0.3, 0.6 and 0.9 g l^{-1}), soil salinity in four levels (0, 50, 25 and 75 mM NaCl). A two part linear model was used to quantifying the grain filling parameters. In this study, total chlorophyll, chlorophyll a, b, carotenoid, grain filling components, yield and yield components of barley were investigated. Grain dry weight and number were used to calculate the average grain weight for each sample. Total duration of grain filling was determined for each treatment combination by fitting a bilinear model:

$$GW = \begin{cases} a + bt_0 & t < T_0 \\ a + bt & t > T_0 \end{cases}$$

Effective grain filling duration (EGFD) was calculated from the below equation: EGFD = the highest grain weight (g)/ratio of grain filling (g day^{-1}).

1- Ph.D student of Agronomy, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2-Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3-Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(*- Corresponding Author Email: raouf_ssharifi@yahoo.com)

Results and Discussion

Means comparison showed that the highest yield (2.46 g per plant), grain filling rate (0.00279 g day 1), effective grain filling period and grain filling period (39.96 and 26.53 days respectively), chlorophyll a (87.1 mg g 1 FW), chlorophyll b (0.68 mg g 1 FW), total chlorophyll (2.55 mg g 1 FW) and carotenoid (0.6 mg g 1 FW) were obtained at treatment of application Azospirilium, mycorrhiza, 0.9 g l-1 of nano iron oxide under no saline condition. While the lowest amount of traits was obtained in no application of bio fertilizer and nano Fe oxide under on saline condition. Grain yield was decreased in 25, 50 and 75 mM levels by 5.23, 21.93 and 26.14%, respectively. While, application of biofertilizers and nano Fe oxide compensated 11.79%, 12.64% and 15.45% respectively from yield reduction in compared to control.

Conclusions

It seems that, both application of biofertilizers and nano Fe oxide can be suggested as stabilizers stress in barley under soil salinity conditions. So, salinity of 25, 50 and 75 mM NaCl decreased 5.23, 21.93 and 26.14%, respectively from grain yield and application of biofertilizers and nano Fe oxide compensated 11.79%, 12.64% and 15.45% respectively from yield reduction in compared to control.

Keywords: Linear model, Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Mycorrhiza, Photosynthetic Pigments